

BEST AVAILABLE COPY

KOREAN PATENT ABSTRACT (KR)

Patent Laid-Open Gazette

(51) IPC Code: H01L 33/00

(11) Publication No.: P2001-0001122

(43) Publication Date: January 5, 2001

(21) Application No.: 10-1999-0020143

(22) Application Date: June 2, 1999

(71) Applicant:

Knowledge On Inc.

Eoyang-dong 513-37, Iksan-City, Junlabuk-do, Korea

(72) Inventor:

YUN, DU HYEOP; JUN, SEONG RAN; CHO, JANG YEON

(54) Title of the Invention:

Method for Fabricating GaN Semiconductor Light Emitting Device

Abstract:

Provided is a nitride semiconductor light emitting device capable of improving light emitting efficiency by maximizing density of holes to recombine electrons and holes. The nitride semiconductor light emitting device has an N-type contact layer, an N-type clad layer, an active layer, a P-type clad layer, and a P-type contact layer that are sequentially stacked on a substrate. After forming the P-type contact layer, the layer undergoes a heat treatment process under an oxygen atmosphere for removing hydrogen inside. Therefore, a P-type crystallization growth layer having a high hole density can be formed by removing the excessive hydrogen through the heat treatment in the oxygen atmosphere, and the light emitting efficiency can be improved by recombining electrons of N-type crystallization growth layer and holes of P-type crystallization growth layer.

BEST AVAILABLE COPY

특2001-0001122

(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁸

(11) 공개번호 특2001-0001122

H01L 33/00

(43) 공개일자 2001년01월05일

(21) 출원번호 10-1999-0020143

(22) 출원일자 1999년06월02일

(71) 출원인 주식회사 니리지+ 윤 조장연

(72) 발명자 전라북도 익산시 여암동 513-37 번지

윤두협

전라북도익산시영동동682번지동신아파트105동1001호

전성란

전라북도전주시덕진구인후동안골현대아파트102동201호

조장연

전라북도익산시모현동현대2차아파트208동1404호

심사관구 : 있음

(54) 질화물 반도체 발광소자의 제조 방법

요약

본 발명은 질화물 반도체 발광소자에 관한 것으로서, 특히, 정공 농도를 극대화시켜 전자 정공의 재결합에 의한 발광효율을 높일 수 있는 질화물 반도체 발광소자에 관한 것이다.

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 질화물 반도체 발광소자의 제조 방법은 기판 상에 순차적으로 n형 접촉층, n형 클래드층, 활성층, p형 클래드층 및 p형 접촉층이 적층된 구조를 갖는 질화물 반도체 발광소자에 있어서, 상기 p형 접촉층을 형성한 후 내부에 다량으로 존재하는 수소를 제거하기 위해 산소 분위기에서 고온 열처리 공정을 추가하는 것을 특징으로 한다.

따라서, 본 발명에 따른 질화물 반도체 발광소자의 제조 방법은 산소 분위기에서 고온 열처리에 의해 과다 분포한 수소를 제거하여 고농도의 정공 농도를 갖는 p형 결정 성장층의 형성이 가능함으로서, n형 결정 성장층의 전자 및 p형 결정 성장층의 정공간 재결합에 의한 발광효율을 높일 수 있는 이점이 있다.

도표도

도5

색인어

질화물 반도체 발광소자의 제조 방법(Fabrication of GaN Semiconductor Light Emitting Device)

명세서

도면의 간단한 설명

도 1은 일반적인 질화물 반도체 발광소자를 도시하는 단면도.

도 2는 p형 GaN 결정 성장 후 표면의 수소 분포를 도시하는 그래프.

도 3은 Cp2Mg 플로우 레이트에 대한 Mg 도핑 농도변화를 도시하는 그래프.

도 4는 Cp2Mg 플로우 레이트에 대한 p형층의 활성화된 정공농도의 변화를 도시하는 그래프.

도 5는 열처리에 의한 p형 결정 성장층의 저항률 및 정공 농도의 변화를 도시하는 그래프.

도면의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

본 발명은 질화물 반도체 발광소자에 관한 것으로서, 특히, 정공 농도를 극대화시켜 전자 정공의 재결합에 의한 발광효율을 높일 수 있는 질화물 반도체 발광소자에 관한 것이다.

질화를 반도체 발광소자는 청색 발광다이오드(light emitting diode : 이하, LED라 칭함), 청색 레이저 다이오드(laser diode : 이하, LD라 칭함) 또는 태양전지 등의 재료로써 최근 크게 주목받고 있다.

그 중 800~830 nm 영역의 AlGaAs LED 및 LD에 대해 400 nm대의 단 파장 청색 LED는 정보 기록밀도를 4배 이상 증가시키는 것을 가능하게 하여 DVD(digital video disc) 시대의 도래를 예고하고 있다.

특히, 청색 LED의 개발로 인해 적색 및 녹색과 더불어 빛의 삼원색이 달성되어 모든 자연색의 구현이 용이하게 된다.

도 1은 종래 기술에 의한 질화를 반도체 발광소자를 도시한 단면도이다.

종래의 질화를 반도체 발광소자는 도 1과 같이 기판(100)과, 상기 기판(100) 상에 순차적으로 형성된 버퍼층(buffer layer)(110) 및 n형 접촉층(120)과, 상기 n형 접촉층(120) 상의 소정 부분에 형성된 n형 클래드층(clad layer)(130)과, 상기 n형 클래드층(130) 상에 순차적으로 형성된 활성층(140), p형 클래드층(150) 및 p형 접촉층(160)과, 상기 n형 클래드층(130)이 형성되지 않은 n형 접촉층(120) 상의 소정 부분 및 상기 p형 접촉층(160) 상의 소정 부분에 각각 형성된 n형 및 p형 전극(170)(180)을 포함하여 이루어진다.

이후에 도시하지 않았지만 각각의 전극에 와이어 분당하여 열방출용 히트-싱크(Heat-sink)를 접촉시켜, 상기 전극 부분에 전류를 흘려줌으로써 구동되는 질화를 반도체 발광소자 칩을 제작한다.

상기에서 기판으로는 사파이어, GaN, SiC, ZnO, GaAs 또는 Si 등이, 상기 버퍼층으로는 GaN, AlN, AlGaIn 또는 InGaIn 등이 이용되나 일반적으로는 사파이어 절연 기판 상에 유기금속화학기상증착(Metal Organic Chemical Vapor Deposition : 이하, MOCVD라 칭함) 방법을 이용한 GaN을 증착하여 형성한 버퍼층을 이용한다.

그리고, 상기 n형 및 p형 접촉층으로는 각각 n형 및 p형 도핑에 의한 GaN을, 상기 n형 및 p형 클래드층은 각각 n형 및 p형 도핑에 의한 AlGaIn을, 상기 n형 전극으로는 Ti/Al을, p형 전극으로는 Ni/Au를 이용하여 형성한다. 상기에서 p형층은 주로 Mg를 도핑하여 형성한다.

상술한 바와 같은 구조를 갖는 종래의 질화를 반도체 발광소자에는 몇가지 문제점이 있다.

첫째로, 질화를 반도체 발광소자는 격자구조가 다른 사파이어 기판 상에 p-n 접합 질화를 반도체 박막을 성장시키기 때문에 기판과 상층부 결정 성장층 사이에 격자부정합(lattice mismatch)이 존재하여 결정 성장된 막질 속에 다량의 결정 결함(dislocation)을 가짐으로 양질의 결정 성장층을 얻기 어렵다.

둘째로, 결정 성장된 박막의 격자 결함에 의해 자연적으로 n형의 특성을 보이며 p형 접촉층을 형성하기 위한 Mg 도핑시 Mg가 암모니아(NH₃)가스의 H와 결합되어 전기적으로 불연속성을 보이는 Mg-H 결합체를 형성한다. 따라서, 고농도의 p형 GaN을 얻는 것이 어렵다.

셋째로, GaN 발광소자에 전류를 유입시키기 위한 n형 및 p형 전극을 형성함에 있어서, GaN 표면과 전극 사이의 밴드갭 오프셋 때문에 대부분의 구동전압이 이곳을 통과하는데 소비된다. 그런 관계로 소자의 구동전압이 매우 크다는 문제가 있다.

상술한 문제점들 중에 첫 번째와 세 번째 문제점들은 여러 가지 연구가 진행되고 있고, 그중 세 번째 문제점인 GaN 표면과 금속전극 사이의 경계면 통과에 소비되는 전압을 최소화하기 위한 연구는 발광소자의 구동전압을 낮추기 위해 활발히 진행되고 있으나 아직 상용화 단계에 이르지 못하고 있다.

도 2는 p형 GaN 결정 성장 후 상기 p형 GaN 표면에서 깊이 방향으로의 수소 농도를 도시하는 그래프이다.

도 2의 그래프에서 보는 바와 같이 대부분의 수소 성분은 p형 GaN 표면 주위에 집중되어 분포되어 있다. 이것은 p형 GaN 결정 성장 과정 도중 및 결정 성장 후 온도 냉각 시에 GaN 표면으로 질소 아웃 디퓨전(nitrogen out-diffusion)에 따른 질소 비어컨시(H-vacancy) 형성을 방지하고자 암모니아 가스를 분위기 가스로 주입하게 되는데 고온상태인 챔버 내부의 온도에 의해 암모니아 가스가 열분해하여 GaN의 표면을 통해 내부로 침투되어 들어가는 것에 기인된 결과로 보여진다.

상술한 바와 같이 p형 결정 성장층 내의 암모니아 가스의 열분해에 의해 증가된 수소 성분은 도핑된 Mg와 결합하여 Mg-H와 같은 고저항의 결합체를 형성하여 저항이 수 MΩ 이상을 보이게 되고 이는 소자의 구동전압을 상승시켜 소자의 발광효율을 저하시키는 원인이 되고 있다.

다시 설명하면 일반적인 질화를 반도체 발광소자는 절연성의 사파이어 기판 상에 p형 및 n형 GaN층의 형성을 위한 도핑을 전하지 않은 상태에서 고온 결정 성장과정에서 의해 형성된 표면 질소 공핍(Vacancy)에 의해 자연적으로 n형 전도성을 보인다. 이런 관계로 고농도의 캐리어 농도를 갖는 p형 GaN층의 형성이 어렵다.

더구나 도 2에서 보는 바와 같이 Mg도핑에 의한 p형 GaN 결정 성장 도중 및 결정 성장 후 냉각과정시 암모니아 가스 분위기에서 냉각시키는 과정에서 p형 도핑을 위한 Mg가 분위기 가스인 암모니아(NH₃)의 H와 결합하여 전기적으로 수 MΩ 이상의 절연특성을 보이는 Mg-H 결합체를 형성하게 되므로 고농도의 저저항 특성을 갖는 p형 GaN을 얻는 것이 매우 어려운 문제가 있다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

따라서, 본 발명의 목적은 저저항을 갖는 p형 질화를 반도체 결정 성장층을 형성하여 n형 접촉층의 전자와 p형 접촉층 정공의 재결합 효율을 증대시켜 발광효율을 높일 수 있는 질화를 반도체 발광소자의 제조 방법을 제공함에 있다.

상기 목적을 달성하기 위한 본 발명에 따른 질화를 반도체 발광소자의 제조 방법은 기판 상에 순차적으로 n형 접촉층, n형 클래드층, 활성층, p형 클래드층 및 p형 접촉층이 적층된 구조를 갖는 질화를 반도체 발

BEST AVAILABLE COPY

광소자에 있어서, 상기 p형 접촉층을 형성한 후 내부에 다량으로 존재하는 수소를 제거하기 위해 산소 분위기에서 고온 열처리 공정을 추가하는 것을 특징으로 한다.

발명의 구성 및 작용

이하, 첨부된 도면을 참고하여 본 발명을 상세히 설명한다.

도 3은 O_2/cm^2 플로우 레이트(flow rate)에 따른 Mg 도핑 농도를 도시하는 그래프이고, 도 4는 O_2/cm^2 플로우 레이트에 따른 p형 활성화된 정공농도의 변화를 각각의 온도별로 도시하는 그래프이며, 도 5는 열처리에 의한 p형 GaN층의 저항률 및 정공 농도 변화를 도시하는 그래프이다.

일반적으로 캐리어 농도가 높은 p형 GaN을 제작하는 방법은 크게 두가지로 나눌 수 있다.

첫째, 전자 빔(electron beam) 조사에 의한 방법으로 1983년 Zn 도핑된 p형 GaN에 실온에서 20 keV, 200 A/cm²를 넘지 않는 범위에서 전자 빔 조사처리를 하였을 때, 포토루미네선스(photoluminescence; PL) 강도가 향상되면서 저항률 또한 낮아지는 것이 밝혀졌다. 이는 전자 빔 조사에 의하여 GaN 결정 성장층내 Ga와 N 위치의 중간영역에 치환되어 들어간 Mg를 전자 빔 에너지에 의해 Mg와 주변 Ga 또는 N와의 결합을 끊어줌으로써, Mg를 분리시켜 정공 캐리어가 자유로이 움직일 수 있도록 해줌으로써 저저항의 고농도 정공을 가지는 p형 GaN층을 형성한다.

둘째, 고온 열처리 공정을 이용하는 것으로서, 이는 고온 열처리 공정을 이용하여 GaN 결정 성장층 내에 Ga와 N 위치의 중간영역에 치환되어 들어간 Mg를 고온 열처리에 의해 Mg와 주변 Ga 또는 N와의 결합을 끊어줌으로써, Mg를 분리시켜 정공 캐리어가 자유로이 움직일 수 있도록 해줌으로써 저저항의 고농도 정공을 가지는 p형 GaN층을 형성한다.

그러나, 상기 방법 중에서 전자 빔 조사방법은 전자 빔의 폭이 한정되어 있는 관계로 전체 p형 GaN 표면을 조사하는데 상당한 시간과 에너지를 필요로 하는 고비용 저효율의 단점을 가지는 관계로 최근에는 열처리에 의한 p형 GaN 제작이 일반적으로 사용되고 있다.

도 3은 p형 도핑소스인 Mg의 플로우 레이트에 따라 MOCVD 방법으로 실제 결정 성장된 GaN층 내부의 Mg량으로써, 본 실험에 사용된 MOCVD 장비에서는 투입된 Mg에 비례하여 GaN 결정내의 Mg 도핑량도 증가하는 경향을 보인다.

도 4는 각각의 열처리 온도에서 p형 도핑소스인 Mg의 플로우 레이트에 따른 고온 열처리에 의한 p형 활성화 후 정공농도를 나타내는 그래프로써, 그래프에 삽입된 수치 650~850/30은 열처리 온도(°C)/열처리 시간(분)을 의미한다.

도 4에서 알 수 있듯이 600~800°C에서는 열처리 온도가 증가함에 따라 정공 농도가 증가하고, 900°C 이상의 고온에서는 GaN 표면에서의 질소 증발에 수반된 도너 형성으로 정공 농도가 감소하기 시작하는 것을 볼 수 있다.

도 5는 열처리에 의한 p형 GaN층의 저항률 및 정공 농도의 변화를 도시하는 그래프로써, 도시된 바와 같이 열처리 온도가 증가함에 따라, 그리고, Mg 도핑 농도가 증가할수록 p형 GaN층의 저항률 감소도 빠르다. 그리고, O_2/cm^2 플로우 레이트가 0.2~0.3일 때 최저 저항률을 갖는다.

그러나, 열처리에 의한 p형 결정 성장층을 형성하더라도 도핑한 Mg 불순물(도 3의 Mg 첨가율)의 5% 미만 이 정공 캐리어(도 4의 정공 농도)로써 활성화되어 전체 불순물 투입량에 대한 정공 활성화율(activation rate)이 너무 낮아서 활성화율을 높이는 공정연구가 필요 불가결하다고 할 수 있다.

상기와 같은 자료를 토대로 본 발명에 따른 질화를 반도체 발광소자의 제조 방법은 기판 상에 순차적으로 n형 접촉층, n형 클래드층, 활성층, p형 클래드층 및 p형 접촉층을 적층시켜 형성된 구조를 갖는 질화를 반도체 발광소자에 있어서, 상기 p형 접촉층 즉 p형 GaN층을 형성한 후 산소 분위기에서 고온 열처리 공정을 추가하는 것을 특징으로 한다.

상기에서 전기로 내부에 산소 분위기를 형성하기 위해 N_2 가스의 유량은 일정하게 유지하면서 O_2 가스 유량을 5~50 sccm 사이의 범위에서 변화시키면서 산소 유량 변화에 대한 활성화된 정공 농도의 변화를 유도한다.

상기의 고온 열처리시 전기로 내부에 산소 분위기를 형성하면 GaN 결정 성장층의 표면에 집중된 수소와 산소 성분 간의 반응($\text{H}_2 + 2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$)을 유도하게 됨으로써, 수소 농도를 감소시키는 효과를 얻게되고 고저항 결합체인 Mg-H의 열분해 과정을 촉진시킨다. 따라서, p형 도핑을 위한 Mg의 활성을 촉진하여 고농도의 정공 캐리어를 생성하는 것이 가능하게 된다.

발명의 효과

따라서, 본 발명에 따른 질화를 반도체 발광소자의 제조 방법은 산소 분위기에서 고온 열처리에 의해 고농도의 정공 농도를 갖는 p형 결정 성장층의 형성이 가능함으로써, n형 결정 성장층의 전자 및 p형 결정 성장층의 정공간 재결합에 의한 발광효율을 높일 수 있는 이점이 있다.

(57) 청구의 범위

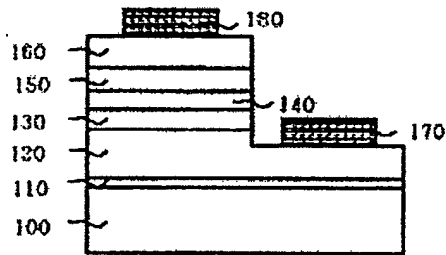
청구항 1. 기판 상에 순차적으로 n형 접촉층, n형 클래드층, 활성층, p형 클래드층 및 p형 접촉층이 적층된 구조를 갖는 질화를 반도체 발광소자에 있어서,

상기 p형 접촉층을 형성한 후 내부에 다량으로 존재하는 수소를 제거하기 위해 산소 분위기에서 고온 열처리 공정을 추가하는 것을 특징으로 하는 질화를 반도체 발광소자의 제조 방법.

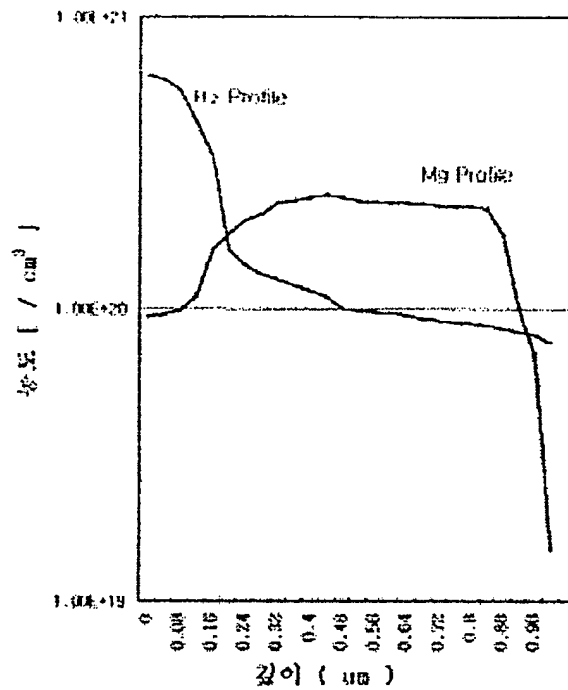
청구항 2. 청구항 1에 있어서 상기 산소 분위기를 형성하기 위해 질소 가스의 유량을 일정하게 유지하고 He 가스의 유량을 5~50 sccm으로 조절하여 주입하는 것을 특징으로 하는 질화물 반도체 발광소자의 제조 방법.

도면

도면1

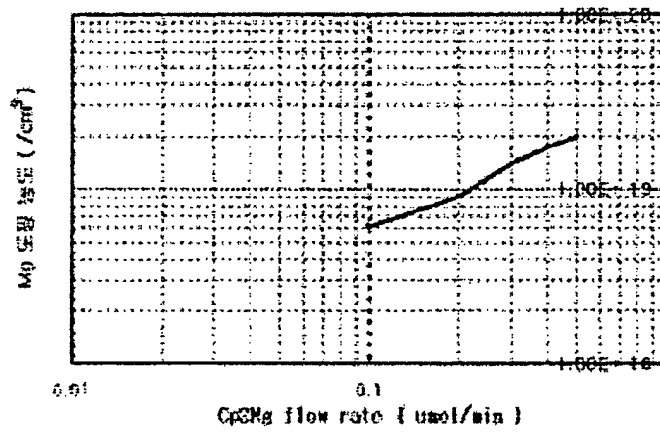


도면2

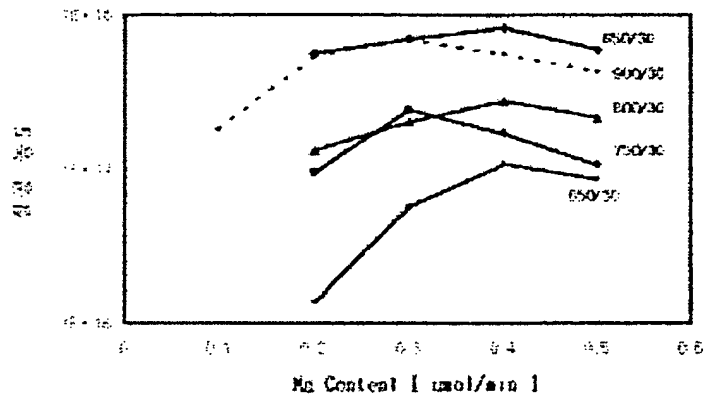


도B3

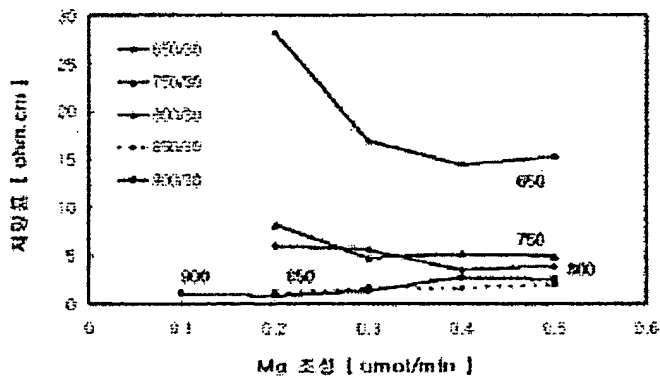
BEST AVAILABLE COPY



도B4



도B5



BEST AVAILABLE COPY